

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-223430

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

H01F 7/06

B23Q 1/44

G01B 21/00

H01L 21/68

(21)Application number : 09-028837

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 13.02.1997

(72)Inventor : FUJII TORU

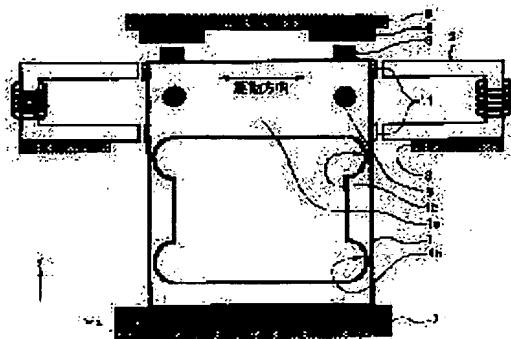
RONALD MUELLER

(54) MAGNETIC DRIVE STAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stage in which straight line motion of a large stroke is enabled, highly accurate positioning is enabled and which is hardly affected by disturbances.

SOLUTION: A parallel spring 1 which has beams parallel to each other, an electromagnet 2 which drives the parallel spring 1 with a magnetic force, and permanent magnets 3 and 4 which support the parallel spring 1 with the magnetic force are provided. The parallel spring 1 is provided with a hinge part, and pulling force is given to the hinge part by the permanent magnets 3 and 4. One of the permanent magnets 3 and 4 may be replaced with a magnetic substance. If a permanent magnet 5 for pressing the parallel spring 1 is



further provided in the direction vertical to both the drive direction and the direction in which the pulling force acts of the parallel spring 1, resonant frequency of the parallel spring becomes higher, and positioning with high precision is enabled.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-223430

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 F 7/06

H 0 1 F 7/06

Z

B 2 3 Q 1/44

G 0 1 B 21/00

Z

G 0 1 B 21/00

H 0 1 L 21/68

K

H 0 1 L 21/68

B 2 3 Q 1/14

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-28837

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月13日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 藤井 透

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 ロナルド ミュラー

スイス連邦 リュ デュ サーン トゥル

43 セ アッシュ 1025 サーン シュル

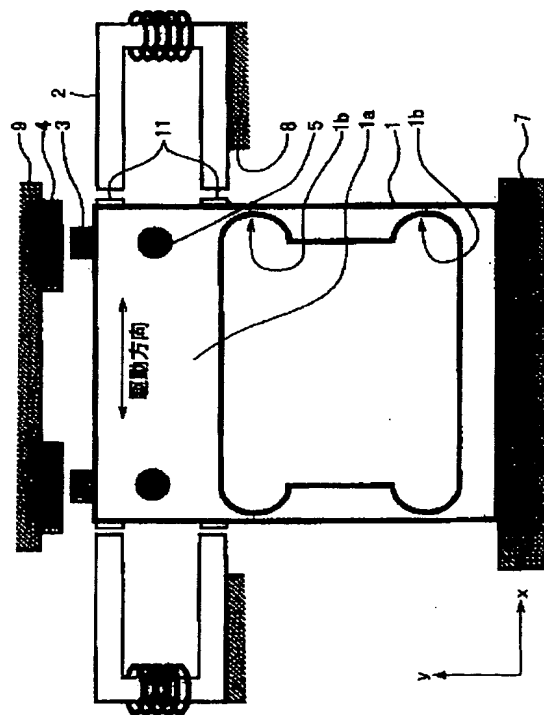
ビス

(54) 【発明の名称】 磁気駆動ステージ

(57) 【要約】

【課題】 ストロークの大きい直線運動が可能で、外乱の影響を受けにくく、高精度の位置決めが可能なステージを提供する。

【解決手段】 互いに平行な梁をもつ平行バネ1と、平行バネ1を磁力によって駆動するための電磁石2と、平行バネ1を磁力によって支持するための永久磁石3、4を備え、平行バネ1にはヒンジ部を設け、永久磁石3と4とによりヒンジ部に引張り力を与える。永久磁石3と4のいずれか一方を磁性体に置き換えてもよい。平行バネ1の駆動方向と引張り力の働く方向とのいずれにも垂直な方向に、平行バネ1を押しつけるための永久磁石5、6をさらに設ければ、平行バネの共振周波数が高くなり、高精度の位置決めが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに平行な梁をもつ平行バネと、前記平行バネを磁力によって駆動するための電磁石と、前記平行バネを磁力によって支持するための支持部と、を備えた磁気駆動ステージにおいて、
前記平行バネは、前記梁の幅又は厚さを部分的に減じて成るヒンジ部を有し、
前記支持部は、前記ヒンジ部に引張り力を与えるように配置された一対以上の永久磁石を設けたことを特徴とする磁気駆動ステージ。

【請求項 2】 互いに平行な梁をもつ平行バネと、前記平行バネを磁力によって駆動するための電磁石と、前記平行バネを磁力によって支持するための支持部と、を備えた磁気駆動ステージにおいて、
前記平行バネは、前記梁の幅又は厚さを部分的に減じて成るヒンジ部を有し、
前記支持部は、前記ヒンジ部に引張り力を与えるように配置された、永久磁石と磁性体との組を 1 組以上設けたことを特徴とする磁気駆動ステージ。

【請求項 3】 前記平行バネの駆動方向と前記引張り力の働く方向とのいずれにも垂直な軸上に、前記平行バネを押しつけるように前記平行バネに対して対向配置された 1 組以上の永久磁石を設けたことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の磁気駆動ステージ。

【請求項 4】 前記平行バネは、一体型平行バネであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の磁気駆動ステージ。

【請求項 5】 前記平行バネは、チタン又は他の超弾性材料で製造されたことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の磁気駆動ステージ。

【請求項 6】 前記電磁石のコイルの電流値又は前記電磁石の発生する磁界の強さを検知することによって、前記平行バネの駆動による位置変化を検出するための変位検出部をさらに備えたことを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の磁気駆動ステージ。

【請求項 7】 前記平行バネの駆動による位置変化を検出するための光波干渉計をさらに備えたことを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の磁気駆動ステージ。

【請求項 8】 前記平行バネ、前記電磁石及び前記支持部を 2 組結合させ、平面上の直交する 2 つの方向に運動可能としたことを特徴とする、請求項 1～7 のいずれかに記載の磁気駆動ステージ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造装置、ウェハ検査装置等に使用される精密な位置決めが可能なステージに関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体製造装置等に使用されるステージ

には、直線方向に運動するものと回転運動するものがある。前者に要求される性能としては、上下方向（z 軸方向）に動かないか、又は光学系の焦点合わせ等のために微量動くことと、水平方向（x、y 軸方向）に移動、位置決めができる、と言う点である。その x、y 軸方向の調整量は、ナノメートルからサブナノメートルが要求されてきている。

【0003】 2 つの板材（梁）を平行に配置してそれぞれの端を連結又は固定した平行バネは、機械要素として従来から使用されている。特に、平行バネを一体型とし、梁を部分的に薄くして、例えば円弧状切り欠きとしたヒンジ部を設けたものは、上下方向が不動、回転運動が極めて小さい、水平方向の直進精度が極めて高い、そして摺動部が無く、運動にガタが無いと言う長所がある。そのため、ピコメータ精度の測長を行う X 線干渉計のステージに用いられている（R. D. Deslattes Appl. Phys. Lett. Vol. 15 p386, 1969）。また、縦横全方向にサブナノメートルの分解能をもつ走査型プローブ顕微鏡を半導体ウェハの回路の測長へ応用した装置等にも用いられている（H. Yamada et al. Jpn J. Appl. Phys. Vol. 28 p2402, 1989）。

【0004】 図 3 は、山田らの x-y スキャナに用いられる一体型平行バネの機構を示す平面図である。図中、C は試料を載置する位置であり、P1 は x 方向の駆動を行うための圧電アクチュエータ、P2 は y 方向の駆動を行うための圧電アクチュエータである。圧電アクチュエータの動きは、てこの原理により、 $(L_1 + L_2) / L_1$ 倍に拡大されて C 点の x 方向の駆動距離となる。

【0005】 アクティブ・マグネティック・ドライブ（以下、AMD という）は、完全非接触の浮上体の位置決めができる手法である。その場合、磁場が浮上体（可動部）を支えるバネになることができる。従って、磁場の強さを制御することによりバネ定数を変えることが可能である（磁気浮上と磁気軸受、電気学会磁気浮上応用技術調査専門委員会編、コロナ社 1993 年）。その非接触制御性を活かし、アメリカのサンディア国立研では半導体製造用露光装置用ステージを開発し、最高値で 20nm-p の安定性を実現した。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来の圧電材料、例えば PZT で駆動する平行バネでは、平行バネ自身の共振周波数が位置決めの性能を決定する。従って、長いストロークを得るためにヒンジ部を薄くすると、特に可動方向（例えば x や y 方向）の性能が低下する問題があった。またそれに伴い、z 軸方向の共振周波数の低下も生じる。

【0007】 PZT のストロークはせいぜい数十ミクロンであり、てこ等を用いた拡大機構によってストロークの拡大を図ると、更に共振周波数の低下を招きやすくなる。共振周波数の低さは、外乱（音波、床振動）の受け

易さに繋がり、一般に、ナノメートルのレベルになるとこの現象の影響が大きな問題となる。更に、ステージの停止時の残留振動が長時間残る原因にもなるため、高スループットが要求されるステージにとっては大きな弱点となる。

【0008】そこで、堅い平行バネと長いストロークのディスク型PZT（バイモルフ構造）とを組み合わせることによって、250 μ mの移動距離をもつ1次元ステージが開発された（T. Fujii et al. Rev. Sci. Instrum. vol. 66, p2504 (1995)）。しかし、このような大きなストロークでは、平行バネの運動が直線近似とならず、円弧運動になってしまう。これを解決しようとしても、PZTと平行バネとの接続が単純でなく、新たなカップリングを用いたりすると、さらに特性低下の要因となる。もちろん、ヒンジが堅いために平行バネの理論的な運動からはずれることも起こるため、精度上の問題も生じる。

【0009】一方、従来のAMDでは、浮上体に対して全自由度6軸の制御が要求されるため、制御上極めて複雑、困難である。また、前述のサンディア国立研の例を見ても、複数の高速処理制御装置の必要性もあり、現実には大変高価なものになる。特に、非接触ステージとしての性能を発揮させるために、機械式ダンパー或いは流体ダンパー等を用いない場合は、サブナノメートル付近の制御は不可能に等しい。

【0010】本発明は、以上の問題に鑑み、ストロークの大きい直線運動が可能で、外乱の影響を受けにくく、高精度の位置決めが可能なステージを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために、本発明の請求項1に係る発明は、「互いに平行な梁をもつ平行バネと、前記平行バネを磁力によって駆動するための電磁石と、前記平行バネを磁力によって支持するための支持部と、を備えた磁気駆動ステージにおいて、前記平行バネは、前記梁の幅又は厚さを部分的に減じて成るヒンジ部を有し、前記支持部は、前記ヒンジ部に引張り力を与えるように配置された一対以上の永久磁石を設けた」磁気駆動ステージである。

【0012】本発明の請求項2に係る発明は、支持部に、永久磁石と磁性体との組を1組以上設けた磁気駆動ステージである。請求項1及び2では、ヒンジ部に引張り力が非接触で与えられるので、ヒンジ部を薄くしても、平行バネの共振周波数の低下を防止することができる。また、非接触で平行バネを支持するので、平行バネの駆動に伴う摩擦やガタなどの悪影響もない。

【0013】本発明の請求項3の発明は、上記の発明の支持部に、平行バネの駆動方向と引張り力の働く方向とのいずれにも垂直な方向に平行バネを押しつけるための永久磁石をさらに設けた磁気駆動ステージである。これ

により、平行バネの共振周波数を高くすることができる。本発明の平行バネは、一体型平行バネとしてもよいし（請求項4）、チタン又は他の超弾性材料で製造してもよい（請求項5）。

【0014】さらに、本発明の磁気駆動ステージに、電磁石のコイルの電流値又は電磁石の発生する磁界の強さを検知することによって、平行バネの変位量を検出する変位検出部をさらに追加したり（請求項6）、変位検出部として光波干渉計をさらに追加してもよい（請求項7）。また、本発明の請求項8の発明は、請求項1～7に記載の、平行バネ、電磁石及び支持部を2組結合させ、平面上の直交する2つの方向に運動可能とした磁気駆動ステージである。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明は、ヒンジ部を薄肉にして弾性限界を高くし、長いストロークを有する平行バネを、AMDの手法によって駆動するステージである。回転運動は平行バネにより押さえることができ、駆動（可動）方向については、永久磁石の磁場によって見掛けのバネ定数を高め（バネを強くし）、共振周波数を向上させている。以下、図1及び図2を参照して本発明を詳細に説明する。

【0016】図1は、本発明の実施の形態に係るAMD式ステージの構成を示す平面図であり、図中x方向に運動可能な1軸（1次元）ステージの構成例である。尚、図1及び図2は、いずれも左右対称であるので、右側のみに符号を付けてある。平行バネ1は、その一端が固定部7に固定されており、他端は拘束されていないので運動可能に構成される。この自由に運動できる一定部分を可動部分1aと呼ぶ。平行バネ1は、円弧状のヒンジ部1bを4ヶ所に有している。ヒンジ部1bは、肉厚を薄くすることによって、弾性限界が高められている。

【0017】駆動用電磁石2は、平行バネ1の左右に対向して設けられ、それぞれ一部分が固定部8に固定されている。駆動用電磁石2は、主として平行バネ1をx軸方向に駆動するためのものである。永久磁石3は、平行バネ1に固定されており、永久磁石4は、固定部9に固定されている。永久磁石3及び4は、異なる磁極が対向するように配置される。

【0018】なお、永久磁石3及び4のうち、いずれか一方を鉄等の磁性体としても吸引力が生じるので使用できる。図2は、図1のAMD式ステージを紙面の上側から見たときの構成を示す側面図である。但し、構成を判りやすくするために、永久磁石4及び固定部9は取り除かれている。

【0019】永久磁石5は、平行バネ1に固定されており、永久磁石6は、固定部10に固定されている。永久磁石5及び6は、同じ磁極が対向するように配置される。固定部10は、一対あり、平行バネ1の一部分を挟み込むように配置される。これらの永久磁石の対、ある

いは永久磁石と磁性体との組は、ヒンジ部の座屈による不安定さを防ぎ、平行バネの共振周波数を高める支持部として有効な役割を担っている。

【0020】磁性体11は、平行バネの可動部分1aに固定されている薄い板材であり、駆動用電磁石2の先端部に対向するように配置される。次に、以上のように構成されたAMD式ステージの各構成要素の機能等を図1及び図2を参照して詳細に説明する。本発明のAMD式ステージに用いられる平行バネ1は、駆動用電磁石2と磁性体11との間に働く吸引力によってx軸方向に駆動される。駆動用電磁石2のコイルに流す電流は可変であり、吸引力の大きさを変化させられるので、平行バネ1の駆動速度を制御できる。また、左右一对の駆動用電磁石2のうち、いずれか一方を他方よりも吸引力を大きくすることによって、一層精密な制御が可能である。

【0021】平行バネの材質には、従来、アルミニウム、磷青銅などが用いられていた。平行バネに要求される性質としては、軽量、高弾性限界等であるので、平行バネ1として、チタンや超弾性材料を用いるのが好ましい。又、加工精度の点からは、一体型に製作した方が望ましい。以上により、平行バネをよりコンパクトにでき、ストローク長さや位置決め精度等の基本性能の向上を図ることができ、AMD制御の上でも有利になる。

【0022】駆動用電磁石2は、平行バネ1をx軸方向に駆動するのが主な役割であるが、駆動用電磁石2と平行バネ1（又は、磁性体11）とのギャップを検出するために使用することもできる。例えば、駆動用電磁石2のコイルに流れる電流を検知するための電流計を用いれば、測定した電流値からギャップすなわち平行バネ1の変位量がわかる。電流値と変位量の比例関係を予め測定しておけば、変位量が求められる。その他には、例えば、駆動用電磁石2の発生する磁界の強さを検知するための磁気センサを用いれば、測定値からギャップすなわち平行バネ1の変位量がわかる。この測定値と変位量の比例関係を予め測定しておけばよい。これらの検出方法は比較的簡便であり、変位検出部も安価である。

【0023】しかし、ナノメートルオーダ以上の高精度と長い可動範囲を目指すためには、平行バネ1の可動部分1aの位置検出に光波干渉計（図示を省略）を用いる方が適切である。駆動用電磁石2の材質としては、電力トランスに通常用いられているケイ素鋼や、より透磁率が高くエネルギー損失の低いパーマロイと呼ばれるFe-Ni合金が好ましい。磁性体11の材質としては、軟磁性材料であれば何でもよいが、特に透磁率が高い鉄系アモルファス合金が好ましい。

【0024】本発明のAMD式ステージに用いられる平行バネは、長いストロークを実現するためにヒンジ部1bの肉厚を薄くしている。そのために可動方向に垂直な方向のうち、ヒンジ部1bに対して引張り或いは圧縮になる方向（図1のy軸方向）に圧縮力が加えられると、

座屈し易くなる。この問題を本発明では、永久磁石の吸引力（引張り力）を利用して安定させる。そのためには、永久磁石3及び4において異なる磁極が対向するように配置すればよい。永久磁石3及び4は、各々複数設けてもよい。

【0025】永久磁石には、フェライト磁石、アルニコ磁石、希土類磁石などがあるが、小型化、高能率化のために、永久磁石3及び4には希土類磁石を使用するのが適切である。Sm-Co系やNd-Fe-B系の希土類磁石は、保磁力、残留磁化等の磁気特性が優れている。永久磁石3及び4のもう1つの機能は、平行バネ1がx軸方向へ移動したとき、すなわち永久磁石3と4の相対位置がずれた場合でも、x軸、y軸方向の力を調整できることである。

【0026】例えば、単純に小さな磁石の対を向かい合わせただけならば、平行バネ1がx軸方向へ移動したとき、その方向の引力ポテンシャルが変化する。つまり、一对の磁石の中心同士がずれると、元に戻そうとする力（磁力）がx軸方向に発生する。これは、位置制御性や安定性の上から望ましくない。この問題に対し、本発明では、永久磁石3と4のうち、一方を他方よりもx軸方向の長さを長くすることによって解決する。すなわち、上記の長さを、平行バネ1の最大ストローク又はそれ以上とする。又、複数の磁石を一定間隔で或いは間隔を空けずに配置して、上記の長さにしてもよい。

【0027】しかし、実用上は、AMD式ステージを稼働させている間は、x軸方向の磁力が一定不変の方が望ましいが、稼働を中止する際には、元に戻そうとする磁力がある方が好ましい。駆動用電磁石2の電流を遮断したとき、この磁力は、平行バネ1が中立位置に復帰する運動を援助するので、好都合である。可動方向に垂直なもう1つの方向であるz軸方向に対しては、図2に示すように、永久磁石5と6の対を1組以上、同じ磁極が対向するように配置することにより、z軸方向にバネを付加した効果を生じさせる。永久磁石5と6の対も、永久磁石3と4の対の場合と同様に、いずれか一方を他方よりもx軸方向の長さを長くすることにより、平行バネ1の駆動中、反発力を一定に保つことができる。この反発力のポテンシャルによって、z軸方向の運動は磁場というバネで制限されるので、結果的に平行バネ1の共振周波数が高まり、ステージとしての性能が向上する。

【0028】永久磁石5と6は、ヒンジ部1bの肉厚が薄く座屈し易い場合にも効果があるが、特に、ステージの小型化、軽量化のために、平行バネそのもののz軸方向の厚さが薄い場合には一層効果がある。本発明のAMD式ステージに用いられる平行バネ1は、ストロークを増大させているので、平行バネ1をx軸方向に駆動する場合、駆動方向と垂直の方向（y軸方向）にピッチングと呼ばれる沈み込みの並進運動が生じることがある。しかし、x軸方向に駆動するステージとy軸方向に駆動す

10

20

30

40

50

るステージとを組み合わせた2次元ステージ(x-yステージ)においては、上記のピッチング運動の方向は、y軸方向に駆動するステージの移動方向であるので、変位測定と駆動制御による補正が可能のため、実際の位置決めに対して問題にならない。

【0029】以上説明したように、本発明においては、平行バネが本来有する直進運動性能によってステージ駆動に有害な回転運動成分を除くことができる。そして、AMD方式の利点である非接触駆動によって、摩擦やガタの影響を受けずにステージを駆動できる。さらに、永久磁石の磁力によってステージを支持するので、駆動方向に垂直な2つの方向の共振周波数を高くすることができ、ステージの安定化に寄与する。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気駆動ステージは、長いストロークを得るためにヒンジ部を薄くしても、支持部によってヒンジ部に引張り力が与えられるので、平行バネの共振周波数の低下を防止することができる。支持部に、平行バネの駆動方向と引張り力の働く方向とのいずれにも垂直な方向に平行バネを押しつけるための永久磁石をさらに設ければ、平行バネの共振周波数を上げることができる。その結果、直進運動性能に優れ、長いストロークと高い位置決め精度をもつ磁気

駆動ステージが実現できる。

【0031】また、電磁石の磁力によって平行バネを駆動するとともに、磁力の作用により非接触で平行バネを支持するので、平行バネの駆動に伴う摩擦やガタなどの悪影響もない。更に、平行バネ、電磁石及び支持部を2組結合させ、平面上の直交する2つの方向に運動可能としたx-y2次元ステージにおいては、ピッチングの補正も可能である。その結果、高精度で耐振性のある2次元ステージを実現することができる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る磁気駆動ステージの構成を示す平面図である。

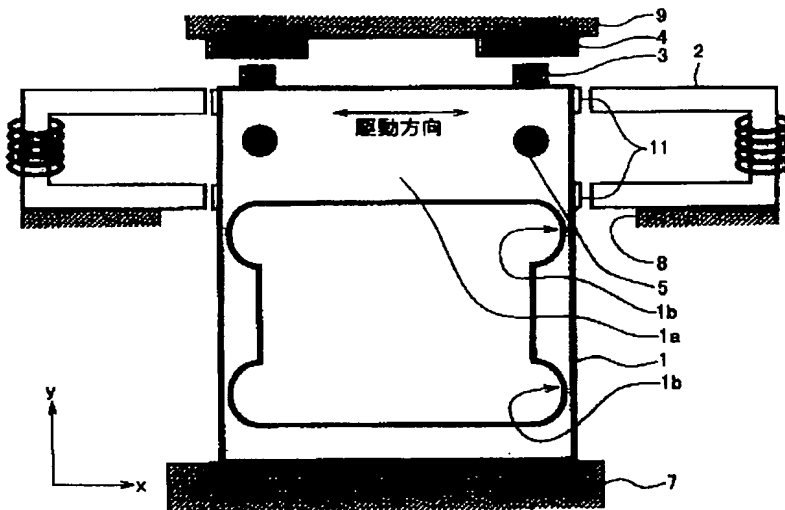
【図2】本発明の実施の形態に係る磁気駆動ステージの構成を示す側面図である。

【図3】従来の一体型平行バネの機構を示す平面図である。

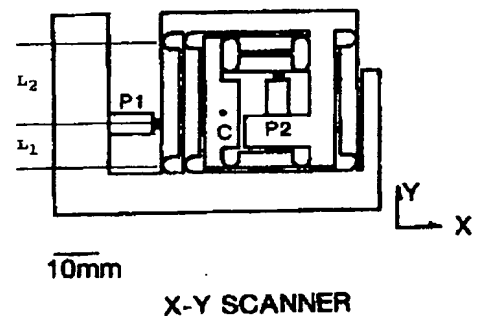
【符号の説明】

- 1 平行バネ
- 2 電磁石
- 3、4、5、6 . . . 永久磁石
- 7、8、9、10 . . 固定部
- 11 磁性体

【図1】



【図3】



(6)

特開平10-223430

【図2】

